

FERTILIZACIÓN DEL MAÍZ EN RIEGO POR ASPERSIÓN

R. ISLA, D. QUÍLEZ. *Unidad de Suelos y Riegos (Unidad Asociada EEAD-CSIC). Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA-DGA). Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza (España).*

risla@aragon.es; www.cita-aragon.es

Teléfono: 976 71 63 95

INTRODUCCIÓN

La fertilización nitrogenada es uno de los elementos a tener en cuenta en las explotaciones agrarias desde el punto de vista tanto de su rentabilidad como de la protección del medio ambiente. Los cultivos responden al nitrógeno aumentando su rendimiento hasta una cierta cantidad de N, a partir de la cual el rendimiento se estabiliza o incluso puede disminuir. Es decir, la inversión en N no es rentable por encima de ese valor umbral. El nitrógeno que no es aprovechado por el cultivo se acumula en el suelo y puede provocar la contaminación de las aguas por nitrato. En este sentido la Directiva europea 91/676/CEE relativa a la protección de las aguas contra la contaminación por nitratos en la agricultura impone a los países miembros una serie de obligaciones que se han ido incorporando a las distintas CCAA en España. En Aragón, la Orden 11/12/2008 (BOA 02/01/09), establece hasta 13 zonas vulnerables en las que existe la obligatoriedad de cumplir el III Plan de Actuación (BOA 3/06/2009). Así, la optimización de la aplicación de fertilizantes, especialmente de los nitrogenados, a los cultivos se presenta como una necesidad para mejorar la rentabilidad de las explotaciones y como una obligación para cumplir las normativas en tema de calidad de aguas.

Esta comunicación abordará de forma específica algunas ideas generales para optimizar la aplicación de nitrógeno en el cultivo de maíz en sistemas de riego por aspersión, partiendo de información generada en ensayos realizados en el Valle Medio del Ebro por el grupo de investigación Riego, agronomía y medio ambiente (CITA-EEAD). El artículo se centra en dicho cultivo por ser uno de los más importantes en los regadíos de Aragón y por presentar unas elevadas necesidades de nitrógeno.

PROBLEMÁTICA DEL NITRÓGENO

El nitrógeno es el nutriente esencial que es requerido en mayores cantidades por el cultivo del maíz y que lo obtiene en forma de nitrato de la solución del suelo. Debido a que el nitrato es altamente soluble en agua y a que su disponibilidad en el suelo está asociada a procesos eminentemente microbiológicos, su concentración es muy variable en el tiempo para una misma parcela. Además el nitrato puede perderse del perfil del suelo por distintos procesos de lavado, escorrentía, desnitrificación y volatilización. Si bien en el caso de aplicaciones de estiércol o purín, la volatilización de amoníaco es la principal forma de pérdida, en el caso de los fertilizantes minerales son las pérdidas por lavado de nitrato las que cuantitativamente son más importantes, tal como revelan los trabajos realizados en distintas cuencas de regadío en Aragón (Isidoro *et al.*, 2006).

NECESIDADES DE N DEL MAÍZ

Tal como se observa en la Figura 1, las extracciones de N en el cultivo de maíz aumentan de forma lineal con la producción. En promedio, por cada tonelada de grano (14% humedad) se extraen unos 12 kg de N con el grano y unos 6 kg en el resto de la planta. A dicha cantidad habría que añadir unos 2-3 kg/t grano que pueden quedar en las raíces según indican algunos trabajos. En conjunto unos 21 kg de N por cada tonelada de maíz grano que se produce.

Las extracciones del maíz no se producen de forma lineal a lo largo de su ciclo, sino que en fases iniciales, hasta un estado de 6 hojas las extracciones son muy bajas. A partir de entonces aumentan de forma exponencial hasta la floración o unos días más tarde. A partir del estado R2 (10-14 días después de aparición de penachos) la absorción de N disminuye.

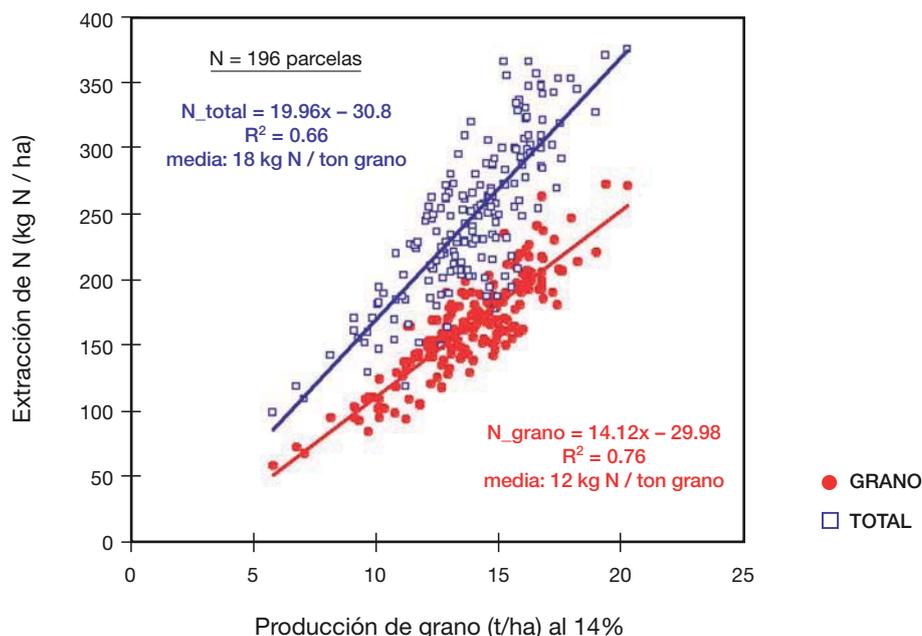


Figura 1. Relación entre las extracciones de N por el cultivo de maíz y la producción de grano en sistemas de regadío de Aragón.

VENTAJAS ESPECÍFICAS DEL RIEGO POR ASPERSIÓN

Dado que la mayor parte de las pérdidas de N en los sistemas de regadío se producen por lavado, la mejora de la eficiencia del riego asociada al cambio a sistemas de aspersión provoca una mejora en la eficiencia del N aplicado (Saad, 1999), disminuyendo estas pérdidas. Una ventaja adicional del riego por aspersión es que es posible aplicar el fertilizante con el agua de riego en fases avanzadas del cultivo, permitiendo un mejor fraccionamiento de las coberturas en el maíz y ajustando las aplicaciones a los momentos de mayor absorción de N. La aplicación de N mediante fertirriego implica la inyección mediante bombas hidráulicas o eléctricas a la red de riego (Figura 2). Las primeras no precisan electricidad, son portátiles y de bajo coste, pero el control de la dosis es más difícil y sufren un mayor desgaste. Por el contrario las bombas eléctricas suponen un mayor coste, pero la dosis es más fácil de controlar ya que no depende de la presión de la red de riego.

RECOMENDACIONES GENERALES

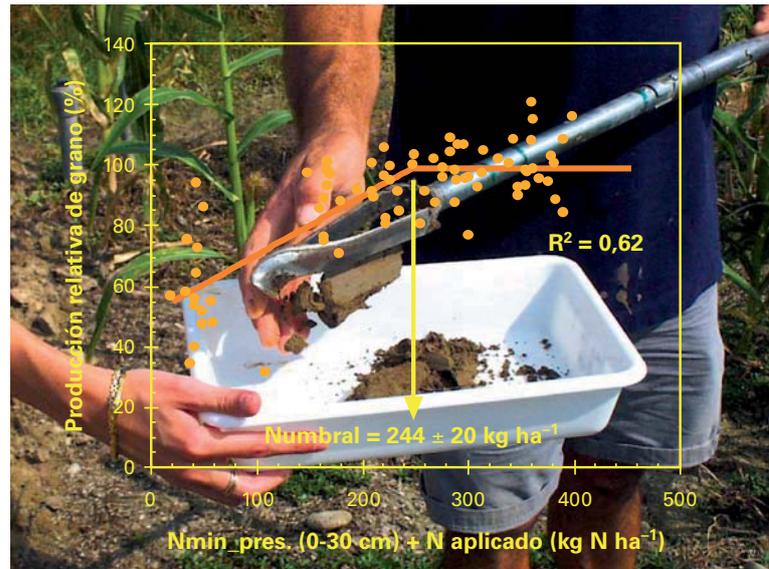
Asumiendo un manejo del riego eficiente, se pueden indicar las siguientes recomendaciones generales para aplicar fertilizantes N al maíz de una forma razonable evitando su despilfarro y la contaminación de las aguas:



Figura 2. Instalación de riego con bomba de inyección eléctrica y detalle de la misma con el regulador de caudal a inyectar.

1. Tener en cuenta las aplicaciones de fertilizantes orgánicos realizados en la parcela como purín porcino u otros, ya que contienen cantidades apreciables de nutrientes (Iguacel-Soteras, 2006). Al hacer el balance de las necesidades de nuestro cultivo es preciso descontar parte del N aplicado con dichas aplicaciones. En el caso del purín porcino, muy utilizado en los regadíos del Valle del Ebro, un 60-70% del nitrógeno puede estar disponible el primer año de la aplicación.

Figura 3. Relación entre la producción de maíz (relativa al máximo, %) y la disponibilidad de N durante el cultivo (kg N/ha). Resultados obtenidos bajo riego por aspersión y suelos profundos (extraído de Isla et al., 2006).



- Si se aplica purín en fondo al maíz, las dosis no deben superar los 30 m³/ha de purín de cebo (Yagüe y Quilez, 2010). Con esta dosis se cubren además las necesidades de fósforo y potasio del maíz y se añaden microelementos.
- Evitar aplicar grandes cantidades de N mineral al maíz en presiembra, pudiendo ser suficiente con 50 kg N/ha, siempre que se haga una primera cobertera en el estado de 6 hojas (V6).
- Reducir de forma sustancial la cantidad de N cuando el maíz se cultiva después de alfalfa. Recientes trabajos realizados en los regadíos del Valle del Ebro en suelos profundos (Cela et al., 2011) indican que son suficientes entre cero y 196 kg N/ha para llegar al máximo de producción en maíz tras alfalfa. En sistemas de riego por aspersión este intervalo es mas bajo, entre cero y 115 kg N/ha, mostrando la posibilidad de una gran reducción de las dosis de N a aplicar después de alfalfa.
- No aplicar dosis totales superiores a 250 kg N/ha.
- Dado que las necesidades de N varían cada año para una parcela determinada, para un buen ajuste es necesario utilizar alguna *herramienta de ajuste* basada bien en el nitrógeno disponible en el suelo o en el estado nutricional del maíz durante el cultivo.

UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTAS DE AJUSTE

Un análisis de la concentración de nitrato de la capa superficial (0-30 cm) proporciona una idea estática pero válida del N mineral disponible antes de la siembra. Conocidas las extracciones previstas

(Figura 1), y asumiendo un buen manejo del riego aplicando las dosis en función de las necesidades hídricas reales, el contenido de N al inicio del cultivo puede ayudar a indicar la cantidad adicional de N que es necesario aplicar en la fertilización. La Figura 3 muestra una relación empírica obtenida bajo sistemas de riego por aspersión en la que se muestra que a partir de un valor umbral de unos 250 kg N/ha el rendimiento es el máximo. Dado que el suelo tiene una capacidad de mineralización variable en función de su contenido de materia orgánica, y que parte del N que se aplica puede ser utilizado por microorganismos para descomponer residuos vegetales recientemente aplicados, no es fácil obtener la dosis óptima de una manera exacta. Así, el valor umbral de la Figura 3 no es completamente extrapolable a todos los suelos que existen en Aragón, pero si la relación existente entre ambas variables.

Dado que el cultivo de maíz responde de forma relativamente rápida a la falta de nitrógeno (Figura 4), una alternativa a los análisis del suelo es emplear equipos que miden de forma indirecta la cantidad de clorofila de las hojas (SPAD® 502, Figura 5). La forma recomendada por la bibliografía para utilizar dichos equipos consiste en lo siguiente:

- Disponer de bandas sobrefertilizadas, esto es establecer una pequeña zona de la parcela con una dosis de N claramente por encima de las necesidades. Esta sobrefertilización puede hacerse en presiembra en una zona «representativa» de la parcela.
- Aplicar unas dosis de N bajas antes de la siembra y conservadoras en la primera cobertera (estado de 6 hojas, maíz con 50 cm de altura).
- Cuando el maíz está con unas 15-16 hojas desarrolladas (altura al hombro, aproximadamente),

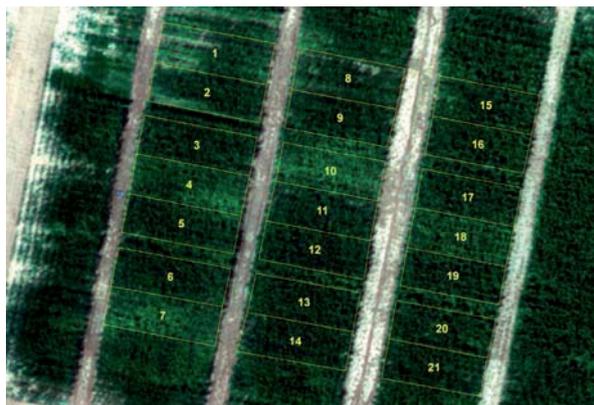


Figura 4. Imagen aérea de un ensayo de maíz en la finca del CITA, antes de floración. Se observa claramente la diferencia entre las parcelas deficitarias en N (parcelas nº 1, 4, 7, 10 y 18), frente a la parcela sobrefertilizada (nº 11).



Figura 5. Fotografía del equipo medidor de clorofila SPAD®, mostrando su modo de uso.

se hacen medidas con dicho equipo en la hoja de la mazorca principal. Las medidas se realizan en la zona sobrefertilizada y en el resto de la parcela, midiendo en al menos 30 plantas en cada área. Si la lectura media de la parcela es superior al 95% del valor obtenido en la parcela sobrefertilizada, no se aplica más nitrógeno. Si por el contrario el valor es inferior al 95%, debe aplicarse una cantidad adicional de N, que no debería ser superior a unos 100 kg N/ha, debido a que una parte importante de los requerimientos ya han sido cubiertos.

Hay que señalar que si bien la medida con equipos de clorofila es más sencilla y supone menos esfuerzo que tomar una muestra representativa del suelo también presenta el inconveniente de no proporcionar por sí misma cuanto N hay que aplicar a las parcelas consideradas deficitarias. Asimismo, si inicialmente los niveles de N mineral del suelo son bajos, no se debería esperar a fases avanzadas para realizar las lecturas, ya que el daño de deficiencias severas sobre la producción final no es recuperable aunque se hagan aportaciones importantes de N posteriormente.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Cela, S., Salmerón, M., Cavero, J., Isla, R., Santiverí, F., Lloveras, J. 2011. *Reduced nitrogen fertilization to corn following alfalfa in an irrigated semiarid environment*. Agron. J. 103(2): 520-528.
- Iguacel-Soteras, F. 2006. *Estiércoles y fertilización nitrogenada*. En: «Fertilización nitrogenada, Guía de actualización». Pag. 53-62 (cap. 4). Información Técnica, número extraordinario. Departamento de Agricultura, Gobierno de Aragón.
- Isidoro, D., Quílez, D., and Aragües, R. 2006. *Environmental impact of irrigation in La Violada District (Spain): II. Nitrogen fertilization and nitrate export patterns in drainage water*. Journal of Environmental Quality 35:776-785.
- Isla, R., Cavero, J., Yagüe, M.R., Quílez, D. 2006. *Balances de nitrógeno en cultivo de maíz de regadío en Aragón*. En «Balance de nitrógeno en sistemas de cultivo de cereal de invierno y de maíz en varias regiones españolas». Pag. 107-124, cap. VIII. Monografía INIA, N° 22. Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid.
- Saad, J. 1999. *Efecto de la dosis de abonado y el riego sobre el lavado de nitrato en cultivo de maíz*. Tesis doctoral Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. Universidad de Lleida.
- Yagüe, M.R., D. Quílez. 2010. *Assessment of nitrate leaching in irrigated maize fertilized with pig slurry combined with mineral nitrogen*. Journal of Environmental Quality 39:686-696.